

## El uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones en la promoción de nuevas alternativas forrajeras: el caso de Costa Rica y Perú\*

F. Holmann<sup>1</sup>

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e Instituto Internacional de Investigación en Ganadería (ILRI).  
Apartado Aéreo # 6713. Cali, Colombia.

---

### Using simulation models as a tool for promoting improved forages alternatives in Costa Rica and Peru

**ABSTRACT:** Objectives of the study were to show the benefits that can be obtained from using simulation models using as a case study the impact obtained from investing in improved forage alternatives on the cost of producing milk and its implications on technology adoption and land use sustainability in Costa Rica and Peru. The linear programming income maximization farm model used was developed by CATIE in Costa Rica and later expanded by CIAT using an electronic sheet in Excel. Animal management parameters were based on farm averages from the hillsides of the Central Pacific Region of Costa Rica and the forest margins of the Amazon in Peru. Likewise, the model incorporated prices of inputs and products typical of each region. A constant herd size was assumed for all alternatives evaluated. Milk production costs were estimated as the maximum expression of competitiveness using three parameters of productivity: current milk yield/cow/lactation (1,350 kg in Costa Rica and 800 kg in Peru); and two postulated parameters: 1,500 kg/L and 2,000 kg/L. Evaluated improved forages included grasses of the *Brachiaria* genus, sugarcane, and the legumes *Cratylia argentea* and *Arachis pintoi*. For all forage options the key factors analyzed were (1) cost of milk production as a result of investing in each forage technology, (2) the investment required to establish each option assuming the same herd size and fertility, (3) the feasibility of paying these investments with commercial credit, and (4) the percentage area on pastures which could be released for other alternative uses as a result of investing in these technologies. In addition, this study shows other uses of this farm model, such as scenarios where the dairy enterprise competes with other agricultural activities existing in the Central Pacific region of Costa Rica. Finally, the study makes reference to other simulation models existing on the market today with a brief summary of each one.

Key words: Simulation models, milk cost, technology adoption, forage technology

---

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(1): 35-45

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es mostrar los beneficios que se pueden obtener del uso de modelos de simulación utilizando como estudio de caso la cuantificación del impacto de nuevas alternativas forrajeras sobre el costo de producción de leche y sus implicaciones para la adopción tecnológica y la sostenibilidad del uso de la tierra en Costa Rica y Perú. El modelo de finca utilizado en este trabajo fue desarrollado por CATIE en Costa Rica y más tarde expandido por CIAT en una hoja electrónica de Excel en programación lineal cuyo objetivo es maximizar ingresos. Los parámetros de manejo animal se basaron en promedios de fincas encontradas en las laderas de la región Pacífico Central de Costa Rica y en los márgenes de bosque de la amazonía del Perú. De igual manera, el modelo incorporó precios de insumos y productos típicos de cada región. Se asumió un tamaño de hato constante para todas las alternativas evaluadas. Los costos de producción de leche fueron estimados como la máxima expresión de competitividad utilizando tres parámetros de productividad: el promedio actual de producción de leche/vaca/lactancia (1,350 kg en Costa Rica y 800 kg en Perú); y dos parámetros postulados: 1,500 kg/L y 2,000 kg/L. Las alternativas forrajeras evaluadas incluyeron gramíneas del género *Brachiaria*, caña de azúcar

---

Recibido Septiembre 2, 2000. Aceptado Enero 18, 2002.

\*Presentado en la XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Marzo 28-31, 2000. Montevideo, Uruguay.

<sup>1</sup>Economista agrícola y Zootecnista, coordinador, Consorcio Tropicelche. Correo electrónico: F.Holmann@cgiar.org

como forraje y las leguminosas *Cratylia argentea* y *Arachis pintoi*. Para todas las opciones forrajeras, los factores claves analizados fueron (1) costo de producción de leche como resultado de implementar cada alternativa forrajera, (2) la inversión requerida para establecer cada opción asumiendo el mismo tamaño de hato y fertilidad, (3) la viabilidad de obtener y pagar un crédito comercial para pagar la inversión, y (4) el porcentaje de área en pasturas en la finca que es liberada para otros usos alternativos como resultado del establecimiento de estas tecnologías forrajeras. Adicionalmente, este estudio muestra otros usos del modelo de simulación y se incluyen escenarios donde la actividad lechera compite con otras actividades agrícolas existentes en la región Pacífico Central de Costa Rica con distintos tipos de restricciones. Finalmente, el estudio hace referencia a otros modelos de simulación que existen actualmente en el mercado con un breve resumen de la utilidad de cada uno.

Palabras clave: Modelos de simulación, costo de la leche, adopción de tecnología, tecnología forrajera

## Introducción

En América Latina tropical, la leche es producida principalmente en sistemas especializados y de doble propósito. Con frecuencia, se ha considerado que este último es ineficiente, de baja productividad y poco rentable. No obstante, ha persistido a través del tiempo y se estima que alrededor del 40% de la leche producida en la región y el 78% de las vacas que se ordeñan están en este sistema, principalmente en fincas de pequeños productores donde las pasturas son la principal fuente de alimentación (Rivas, 1992).

La carne y la leche se consideran una parte básica de la dieta en América Latina (Jarvis, 1986). Entre 1984 y 1991 se presentó un déficit de 12% en la producción de leche (CIAT, 1993) y un déficit mayor, tanto en producción de carne como de leche, se espera para el año 2000 (Rivas, 1994).

En el pasado este sistema recibió baja prioridad en los planes de investigación y desarrollo de los países de la región, ya que se consideró que tenía poca capacidad de respuesta en producción y que los sistemas especializados de producción de leche y carne eran las alternativas más eficientes para impulsar el desarrollo de la ganadería. Este concepto parcial se ha modificado desde la década anterior, notándose un creciente interés por conocer y entender mejor el rol del sistema de doble propósito dentro de la economía ganadera.

Las principales limitaciones para aumentar la productividad en estos sistemas de producción son la baja cantidad y la pobre calidad del forraje disponible, el potencial genético de los animales y el manejo. Por lo tanto, con una alimentación animal mejorada sería posible aumentar la productividad y la rentabilidad del sistema de producción de doble propósito.

Existe un alto potencial para incrementar la baja productividad actual de leche que es de 2 a 4 L/vaca por día debido a la pobre calidad de los forrajes y al limitado potencial genético para producir leche. En estos sistemas, se podría lograr hasta 6 u 8 L/vaca por día, mediante el complemento de genotipo, animales mejorados con una alimentación de mejor calidad y un mejor manejo (Vaccaro *et al.*, 1993-1994). Esto tendría un efecto favorable en el bienestar de los pequeños agricultores, que dependen de los sistemas de producción con animales doble propósito.

Las pasturas son el alimento básico para el ganado en el trópico, pero su calidad es baja y en las regiones con épocas secas prolongadas se puede presentar escasez de alimento. Las leguminosas y gramíneas mejoradas de alta calidad tienen potencial para aumentar la producción de carne (Lascano y Estrada, 1989) y leche (Lascano y Avila, 1991; González, 1992), alcanzándose en el caso de la leche una respuesta mayor (aumentos hasta de 3 L/vaca por día) con animales de alto potencial (Lascano y Avila, 1993). Las pasturas basadas en leguminosas contribuyen a un uso más sostenible de la tierra a través de la fijación de N (Ara *et al.*, 1990; Thomas, 1995), el reciclado de fósforo (P) (Oberson *et al.*, 1995) y la mayor actividad biológica en el suelo (Decaens *et al.*, 1994).

Por lo tanto, la clave para incrementar la productividad está en desarrollar estrategias de producción que permitan combinar los forrajes mejorados con los existentes en las fincas para optimizar su uso y superar las deficiencias nutricionales. Para lograr esto se requiere integrar alternativas de utilización de forrajes, desarrollo de modelos de sistemas, diagnóstico y caracterización, e investigación aplicada a nivel de finca con métodos participativos.

Las mayores limitaciones para una adopción generalizada son la falta de información sobre su utilización e integración en los sistemas de alimentación existentes, y una demostración atrayente de su viabilidad económica. Aún más, debido a que los pequeños productores frecuentemente se involucran en sistemas mixtos de ganadería y cultivos, la toma de decisiones acerca del uso de los recursos es un proceso complejo.

La década de los noventa se ha caracterizado por la eliminación de las barreras proteccionistas y por la conversión del factor competitividad en la clave para producir y comercializar productos de origen agrícola. En este sentido, los países están cada vez más interesados en conocer si sus productores agropecuarios van a ser competitivos en economías sin subsidios dentro de tratados de libre comercio. En este esquema es necesario identificar las ventajas comparativas de las diferentes tecnologías y su eficiencia para competir en mercados abiertos.

Los modelos de simulación son una herramienta que facilitan la toma de decisiones para seleccionar la mejor alternativa que se puede lograr con una combinación de recursos y precios y nos muestra cuanto se podría pagar por una unidad más de cada recurso que se agota.

El objetivo de este estudio es mostrar los beneficios que se pueden obtener del uso de modelos de simulación utilizando como estudio de caso la cuantificación del impacto de nuevas alternativas forrajeras sobre el costo de producción de leche y sus implicaciones para la adopción tecnológica y la sostenibilidad del uso de la tierra en las laderas de Costa Rica y los márgenes de bosque de Perú.

## Materiales y Métodos

**El modelo.** El modelo utilizado en este trabajo fue desarrollado inicialmente por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Red Internacional de Sistemas de Producción Animal para América Latina (RISPAL), ambas con sedes en Costa Rica, y luego expandido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia.

El objetivo del modelo es evaluar en forma *ex-ante* el uso actual de la tierra y cuantificar el beneficio y los costos entre los componentes del sistema y entre la productividad biológica, los ingresos, y la conservación del medio ambiente para comprender mejor las interacciones a nivel de finca y hacer un mejor análisis de las alternativas que enfrentan las distintas regiones en sus procesos de desarrollo (Holmann y Estrada, 1997).

Este modelo de finca es de programación lineal y ha sido desarrollado en una hoja electrónica de Excel cuya función objetivo es maximizar el ingreso neto. Esta función objetivo tiene como límite 100 condiciones de restricciones o de actividades. Esto lleva a plantear una matriz base de aproximadamente 40 restricciones por 50 actividades, dejando 10 alternativas para poner rangos a actividades específicas. Este es un tamaño pequeño pero práctico porque permite analizar al mismo tiempo unos 10 cultivos y tipos de pastos, compra de 10 tipos de insumos, tres tipos de producción animal, 20 precios de insumos y productos y 10 actividades de ajuste (Estrada, 1994).

Por lo tanto, este modelo no pretende representar sistemas complejos de finca. Un enfoque diferente y complementario es el desarrollo de modelos dinámicos más mecánicos, como los desarrollados, por ejemplo, en el Centro de Pesquisa Nacional de Gado de Leite o Carne (CNPGL y CNPGC) de EMBRAPA y la Universidad Católica de Chile, los cuales son más complejos.

**Parámetros del modelo.** El modelo requiere de cierta información para generar las corridas la cual puede ser dividida en tres grupos: (1) Cultivos agrícolas, (2) Forrajes, y (3) Producción animal. El Cuadro 1 contiene la información necesaria para el análisis de estos grupos.

**Estudios de caso.** Este modelo de finca es aplicado en este estudio para evaluar en forma *ex-ante* la viabilidad de diferentes alternativas forrajeras en fincas de pequeños productores en los sitios de referencia donde opera el Consorcio Tropicache liderado por CIAT. El objetivo de Tropicache es desarrollar nuevos sistemas de alimentación basados

**Cuadro 1.** Información necesaria sobre cultivos agrícolas, forrajes y parámetros de manejo animal para correr el modelo de finca.

Cultivos Agrícolas	Forrajes	Producción Animal
5 Cultivos (anuales & perennes)	5 forrajes (gramínea, leguminosa, asoc.)	3 Sistemas (leche, carne, doble propósito)
Productividad (kg/ha/año)	Productividad (kg MS/ha)	Producción de Leche (kg/L)
Vida Útil (años)	- Época seca - Época de lluvias	- Vendible - Terneros
Costos de Producción (\$/ha)	Traspaso de biomasa producida en época de lluvias a seca	Producción de Carne - Terneros (kg) - Desecho (%)
- Establecimiento		
- Mantenimiento anual	Digestibilidad (%)	Partición anual (%)
- Cosecha	- Época seca - Época de lluvias	Peso adulto (kg UA)
Jornales (#/ha/año)		
Precios	Pérdidas por pisoteo (%)	Valor de vacas (\$/unidad)
- Producto (\$/kg)	- Época seca - Época de lluvias	Jornales (#/vaca/año)
- Mano de Obra (\$/jornal)		
Insumos	Jornales (#/ha/año)	Suplementos (kg/vaca/día)
	Costo de establecimiento (\$/ha)	Precios
	Vida Útil (años)	- Leche (\$/kg)
	Precios	- Carne terneros (\$/kg)
	- Mano de obra (\$/jornal)	- Carne desecho (\$/kg)
	- Insumos	- Mano de Obra (#/jornal)
		- Insumos

Fuente: Estrada (1994).

en gramíneas y leguminosas mejoradas en fincas de pequeños productores en América Latina tropical.

Por lo tanto, el Consorcio Tropicache está interesado en estimar la viabilidad técnica y financiera del nuevo germoplasma forrajero que se genera a través de la investigación del Programa de Forrajes Tropicales de CIAT, así como las condiciones de manejo donde el uso de estas tecnologías sería de utilidad para los productores.

El Cuadro 2 contiene información básica sobre los sistemas de producción existentes en la región sub-húmeda del Pacífico Central de Costa Rica y en las márgenes de bosque de la amazonia del Perú.

Como se puede observar, la finca promedio localizada en el Pacífico Central de Costa Rica es más grande tanto en área como en tamaño de hato que aquellas encontradas en la Amazonia del Perú. Asimismo, la producción de leche es mayor en Costa Rica debido a una mayor productividad por vaca (ie., 5 vs. 3 kg/vaca/día) y a una mayor proporción del hato adulto en ordeño (ie., 60 vs. 42%). Por otro lado, el precio de leche es 13% menor en Costa Rica que en Perú a pesar que la leche en Costa Rica es vendida fría debido a que

**Cuadro 2.** Características de los sistemas de producción animal en las regiones del Pacífico Central de Costa Rica y de la Amazonia del Perú.

Variable	Costa Rica (n=7)	Perú (n=9)
Vacas adultas (#)	47	31
Porcentaje en ordeño	60	42
Producción de leche (kg/vaca/día)	3	5
Área total (ha)	92	76
- en pasturas (%)	85	75
- bosque (%)	10	23
Porcentaje de área en pasturas con forrajes mejorados	11	15
Carga animal (UA/ha)	0.9	0.9
Precios		
- Leche (\$/kg)	0.27	0.31
- Carne (\$/kg)	0.60	0.60
- Jornal (\$/día)	8.80	4.40
- Tierra (\$/ha)	2 400	200
Capital invertido (\$/finca)		
- Tierra	217 000	15 000
- Ganado	42 000	30 000
- Infraestructura & equipo	21 000	8 000
- Total	280 000	53 000

Fuente: Holmann (1999).

las fincas poseen tanques de enfriamiento y de mejor calidad que la leche en Perú, la cual es vendida caliente y por consiguiente, de inferior calidad.

Asimismo, el costo de la mano de obra es significativamente mayor y más escaso en Costa Rica (\$8.80 vs. 4.40/jornal) que en Perú. De la misma manera, el valor comercial de la tierra también es contrastante. La principal razón radica en el alto nivel de infraestructura pública y cercanía a mercados existente en el Pacífico Central de Costa Rica, así como también su larga estabilidad social y económica en relación a la situación encontrada en la Amazonia del Perú, la cual fue sujeta de un período de terrorismo durante casi una década. La combinación de estos factores hace que el capital invertido a valor comercial de una finca en Costa Rica tenga un promedio de \$280 000 vs. \$53 000 en Perú debido principalmente al valor de la tierra y la inversión en infraestructura (ej., tanque de enfriamiento, cercas).

El Cuadro 3 muestra el costo de producción de leche en estas fincas de productores. Como se observa, el costo de producir un kilo de leche es 14% menor en Costa Rica que en Perú (\$0.25 vs. 0.29/kg) a pesar que el valor del jornal en Costa Rica es el doble que en Perú debido principalmente a una mayor productividad de leche por vaca y por ha, lo cual hace que el costo unitario de producción sea menor en Costa Rica.

**Cuadro 3.** Costos de producción de leche en fincas de doble propósito en la región Pacífico Central de Costa Rica y la Amazonia del Perú.

Variable	Costa Rica	Perú
Costo directo de producción (\$/finca/año)		
- Mano de obra contratada	5 586	257
- Mano de obra familiar	3 212	1 606
- Suplementación	2 848	683
- Sanidad Animal	224	784
- Mantenimiento infraestructura & equipo	1 617	727
- Otros	549	318
- Total	14 036	4 375
Costo/kg de leche (\$)	0.25	0.29
Costo de mano de obra como % del total	63	43
Ingreso Bruto (\$/finca/año)		
- Leche	13 572	3 643
- Carne terneros	2 794	1 405
- Carne vacas de desecho	1 490	970
Flujo Neto		
- \$/finca/año	3 820	1 643
- \$/ha/año	49	29
- \$/vaca/año	81	54
Retribución a mano de obra familiar		
- \$/jornal	19.3	8.9
- # de veces el salario mínimo	2.0	2.2

**Evaluación *ex-ante* de alternativas forrajeras.** La utilización del modelo de finca tiene su función a partir de este momento. El objetivo ahora es simular en forma *ex-ante* la adopción por parte de los productores de nuevas alternativas forrajeras promisorias adaptadas a suelos de mediana a baja fertilidad. Dentro de estas alternativas se encuentran las gramíneas del género *Brachiaria* (ie., *brizantha*, *decumbens*, *dyctioneura*), así como las leguminosas *Cratylia argentea*, y *Arachis pintoi*.

La leguminosa *Cratylia argentea* es un arbusto ideal para el establecimiento como banco de proteína para utilizarse como suplemento proteico en combinación con la caña de azúcar durante la época seca para todo tipo de animales, especialmente vacas en ordeño, bajo el sistema de corte y acarreo.

La leguminosa *Arachis pintoi* es evaluada en asocio con gramíneas del género *Brachiaria* bajo pastoreo directo. El Cuadro 4 contiene los parámetros nutricionales y de producción de biomasa utilizados en los diferentes sitios de referencia para todas las alternativas forrajeras evaluadas en este estudio con el modelo de simulación.

Los parámetros de manejo animal fueron tomados de los promedios de las fincas para cada sitio de referencia evaluado de manera que representaran las condiciones actuales de manejo (ie., Cuadros 2 y 3). De la misma manera, el modelo

**Cuadro 4. Parámetros utilizados para correr el modelo y evaluar los beneficios potenciales de las nuevas tecnologías basadas en forrajes mejorados.**

Parámetros	Jaragua	<i>Brachiaria</i>	<i>Arachis</i>	<i>Cratylia</i>	Caña
Duración cultivo (años)	20	10	10	20	10
Época de lluvias					
Producción de biomasa comestible (kgMS/ha) <sup>1</sup>	2 500	3 500	1 000	2 000	10 500
Proteína Cruda (%)	8	9	20	15	3.5
Degradabilidad de la PC(%)	50	60	70	70	20
DIVMS(%)	45	55	55	55	60
Época seca					
Producción de biomasa comestible (kgMS/ha) <sup>2</sup>	500	700	0	500	
Proteína Cruda (%)	3	4	20	15	2
Degradabilidad de la PC (%)	40	50	60	60	20
DIVMS (%)	30	35	50	50	60
Pérdidas por pisoteo (%)					
Época de lluvias	25	25	25	10	0
Época seca	20	20	20	10	0
Traspaso máximo de biomasa de época de lluvias a seca (kgMS/ha) <sup>3</sup>	750	625	625	2 000	10 500

<sup>1</sup> La producción de biomasa tanto en época de lluvias como en época seca para Perú fue estimada un 20% mayor que en Costa Rica para todas las alternativas forrajeras debido a una mayor precipitación pluvial.

<sup>2</sup> Equivale al 20% de la producción de biomasa de la época de lluvias.

<sup>3</sup> Equivale al 25% de la producción de biomasa de la época de lluvias para las gramíneas y del 100% para la *Cratylia* y caña de azúcar.

incorporó los precios de insumos y productos propios de cada país.

Para la evaluación ex-ante se partió de la situación actual en cada sitio la cual consiste de fincas totalmente cubiertas con pasturas naturalizadas o degradadas (ej., Jaragua o *Hyparrhenia rufa* en Costa Rica y pasturas nativas degradadas en la Amazonia del Perú) con suplementación durante la época seca. En el caso de Perú, ésta consistió de melaza, maíz, o afrecho de cervecería ya que estos suplementos son accesibles en la zona. En Costa Rica se evaluó la melaza, un concentrado comercial, y pollinaza/gallinaza (boñiga de pollos de engorda o gallinas ponedoras de huevo).

En todas las alternativas evaluadas se asumió el mismo tamaño de hato (es decir, el mismo número de vacas en ordeño) y se estimó el costo de producción por kilo de leche como la expresión máxima de competitividad utilizando tres productividades por vaca: (a) el promedio actual (800 kg/Lactancia en Perú y 1 350 kg/L en Costa Rica), y (b) dos alternativas adicionales: 1 500 kg/L y 2 000 kg/L.

Estas productividades por vaca pueden ser analizadas desde dos puntos de vista: (1) mayor potencial genético de los animales, en cuyo caso la opción sería mejorar genéticamente el hato mediante la utilización de cruces con germoplasma mejorado (ie., Holstein), y/o (2) diferencias en el manejo que el productor le dé a sus pasturas. Así, la misma pastura de jaragua puede inducir a una mayor producción por vaca si el potrero posee sombra adecuada, si la vaca tiene acceso en el potrero a agua limpia todo el tiempo, si hay

poca maleza, y si la rotación de potreros y período de descanso es adecuado. Por otro lado, se asumió que la fertilidad del hato (ie., % de parición) permanece constante aún después de implementar cualquiera de las opciones forrajeras.

Adicionalmente a la situación base de cada sitio de referencia se evaluaron los siguientes escenarios alternativos:

- Alternativa 1. *Cratylia argentea* con Caña de azúcar para reemplazar la suplementación de insumos comercialmente obtenidos para alimentación de época seca. Durante la época de lluvias el hato pastorea en potreros de gramíneas naturalizadas. Esta alternativa se evaluó en Perú únicamente con *Cratylia* (ie., sin caña) ya que no justifica su inversión debido a que no hay una época seca marcada donde exista déficit hídrico que justifique invertir en la siembra de caña de azúcar.
- Alternativa 2. La gramínea naturalizada es reemplazada por *Brachiaria* y adicionalmente se establece *Cratylia argentea* y caña de azúcar para alimentación de verano.
- Alternativa 3. Se establece *Brachiaria* asociada con *Arachis pintoi* y adicionalmente *Cratylia argentea* con caña de azúcar. Es decir, todas las alternativas forrajeras se establecen en la misma finca.

En todas las alternativas los factores claves para discutir las distintas opciones forrajeras fueron: (a) el costo de producción de leche resultante de la implementación de cada alternativa forrajera, (b) la inversión requerida para el establecimiento de cada opción asumiendo el mismo número de vacas en ordeño y fertilidad del hato, (c) la factibilidad fi-

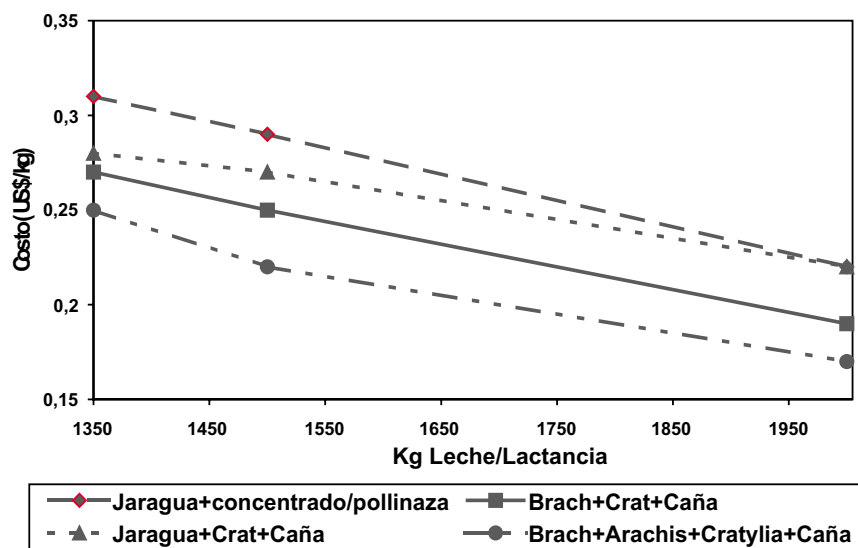


Figura 1. Costo de producción de leche con distintas estrategias forrajeras asumiendo el mismo tamaño de hato en Costa Rica.

nanciera para obtener un crédito con la banca local para realizar la inversión según las distintas opciones forrajeras, y (d) el porcentaje de área de pasturas en la finca liberada para otros usos alternativos como resultado del establecimiento de las distintas opciones.

## Resultados y Discusión

### Costa Rica

**Situación actual.** La Figura 1 muestra el costo de producción por kilo de leche de las distintas opciones forrajeras. Como se observa, el costo de producción utilizando la pastura comúnmente encontrada en la zona (ie., Jaragua) es muy alto debido a que este sistema obliga a los productores a suplementar sus animales durante los 5 meses al año que dura la época seca. Con los niveles de producción de leche basados en pasto Jaragua de 1 350 kg/L, el costo de producción de leche es \$0.31/kg mientras que el precio recibido es \$0.28/kg. Es decir, con la ganancia de los terneros destetados se obtiene un ingreso de punto de equilibrio (en donde el productor obtiene un ingreso similar al salario mínimo).

El costo de producción se reduce en la medida que la productividad de la vaca aumenta. Así, pasar de una vaca que actualmente produce 1 350 kg/L en una lactancia de 270 días (ie., 5.0 kg/vaca/día) a una vaca de 1 500 kg/L (5.55 kg/día) reduce los costos de \$0.31/kg a \$0.29/kg y con una vaca de 2 000 kg/L se reduce a \$0.23/kg utilizando el mismo pasto jaragua y con una suplementación a través de todo el año de pollinaza con melaza para suplir los requerimientos nutricionales que el pasto jaragua no puede aportar.

**Cratylia con Caña de Azúcar.** Con esta opción forrajera es posible eliminar completamente la necesidad de comprar alimentos concentrados, melaza, o el sub-producto común-

mente utilizado pollinaza durante la época seca para cualquier tipo de vaca. En base al contenido de nutrientes reportado en el Cuadro 4, esta opción forrajera es capaz de mantener la producción durante la época seca incluso hasta en vacas de 2 000 kg/L (7.4 kg/día).

El costo de producción/kg de leche se reduce en un 13% en relación a la situación actual, 9% con niveles de producción de 1 500 kg/L, pero con niveles de producción de 2 000 kg/L no hay diferencia en el costo de producción. Esto se debe a que se impuso una restricción al modelo para el uso de pollinaza. En Costa Rica se puede comprar pollinaza de granjas locales, pero es casi un requisito que la compra sea continua a través de todo el año. Esta restricción hace que el modelo escoja la compra de concentrado comercial durante la época seca en vacas de 1 350 kg/L y 1 500 kg/L, pero el pasto jaragua no puede soportar una producción de 2 000 kg/L sin la suplementación adicional de proteína y energía a través de todo el año, y la fuente más barata en este caso fue la pollinaza, lo cual hace a la finca muy competitiva, pues permite la compra de pollinaza todo el año.

Actualmente el costo de pollinaza es de \$0.08/kg con un contenido de proteína cruda del 17% y una digestibilidad de 60%. Esta combinación de factores hace de la pollinaza una opción muy viable por su bajo costo y alto contenido de proteína. Sin embargo, existe el riesgo que el producto se vuelva escaso en la medida que esta opción se popularice más, y que el precio suba, lo cual haría de la opción *Cratylia* con caña de azúcar aún más atractiva. Adicionalmente, debido al alto contenido de calcio en la gallinaza (2.25% en base a MS) como consecuencia de la ración para ponedoras de huevo, el nivel máximo permisible para evitar intoxicación por exceso de calcio fue 4 kg de MS de pollinaza/vaca/día, equivalente a un nivel de calcio del 1% del total del consumo diario del animal (NRC, 1988).

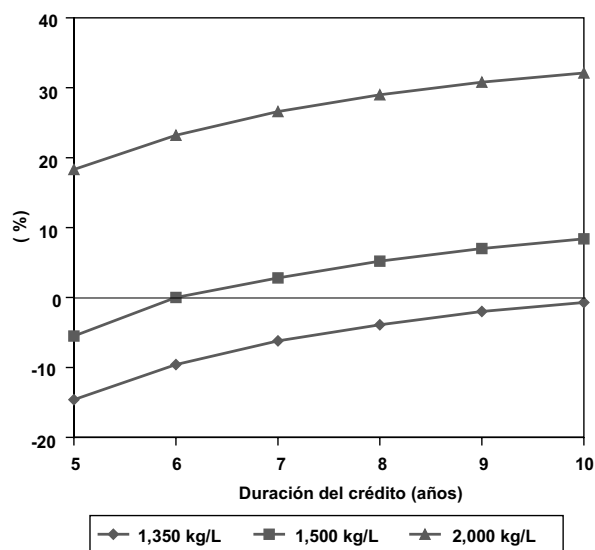


Figura 2. Tasa de interés real que sería posible pagar con la alternativa de sembrar *Cratylia* con caña de azúcar según productividad de la vaca en Costa Rica.

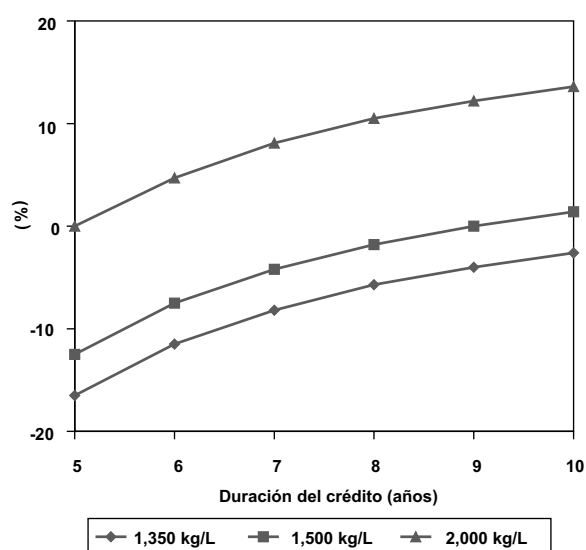


Figura 3. Tasa de interés real que sería posible pagar con la alternativa de sembrar *Brachiaria* asociada con *Arachis pintoi* + *Cratylia* + Caña de Azúcar según productividad de la vaca en Costa Rica. Tasa de interés real que sería posible pagar con la alternativa de sembrar *Brachiaria* asociada con *Arachis pintoi* + *Cratylia* + Caña de Azúcar según productividad de la vaca en Costa Rica.

La inversión requerida para implementar esta opción en una finca con un hato promedio de 47 vacas en la región Pacífico Central (Cuadro 2) cuesta alrededor de \$6 000 (8.9 ha de *Cratylia*, 1.8 ha de caña de azúcar más la compra de una picadora de caña), lo que equivale a una inversión de US\$ 560/ha.

La Figura 2 muestra la tasa de interés real que sería posible pagar esta inversión según la productividad de la vaca asumiendo que el productor dedica el 50% del ingreso marginal logrado como producto de esta alternativa forrajera. Actualmente el interés real en Costa Rica es del 13% (24% interés nominal – 11% de inflación anual) y el crédito máximo disponible es de 5 años plazo con uno de gracia. Bajo esta situación no es factible pagar este crédito a menos que las vacas logren alcanzar una productividad de 2 000 kg/L. Con productividades de 1 500 kg/L sería posible pagar este crédito si el interés real fuera inferior (entre 5-10%) y con plazos mayores (ie., cercanos a los 10 años).

Esta situación es importante de analizar para efectos de política pecuaria y competitividad, pues en un período de apertura comercial los productores deberían tener opciones de menores tasas de interés que reflejen el costo de oportunidad del dinero a nivel internacional, el cual se encuentra a niveles de tasas de interés real entre 6-9% a 15 años plazo.

***Brachiaria* + *Arachis* + *Cratylia* + Caña.** Esta alternativa involucra el establecimiento de todas las opciones mejoradas dentro de la misma finca y con ésta se logra producir leche al más bajo costo en comparación con las otras alternativas (desde \$0.25/kg con el escenario de productividad actual de 1 350 kg/L hasta \$0.17/kg con una productividad de 2 000 kg/L). Es decir, es posible reducir el costo de producción en 20% a 30% con respecto a la opción común de jaragua con suplementación durante la época seca.

Esta inversión requiere del establecimiento de 47 ha de *Brachiaria* asociada con *Arachis pintoi*, 3.7 ha de *Cratylia*, y 1.0 ha de Caña de azúcar con una inversión de \$21 000 lo que equivale a US\$ 410/ha. Sin embargo, al igual que la alternativa anterior, si el productor tuviera que solicitar un crédito para establecer estas opciones, no habría posibilidad de pagar el crédito excepto con una productividad por vaca de 2 000 kg/L y un plazo cercano a los 10 años (Figura 3).

Con las condiciones actuales de interés al 13% real pagaderos en 5 años, estas alternativas forrajeras tienen bajas opciones de ser adoptadas en Costa Rica, a menos que:

1. El capital para realizar estas inversiones provenga de los mismos ingresos del productor, lo cual podría ser más factible para *Cratylia* con caña (\$6 000/finca), o
2. Las alternativas forrajeras sean promovidas en fincas pequeñas (ie., -15 vacas) con abundante mano de obra familiar ya que del 41% al 72% del costo total de establecimiento de estas alternativas lo representa mano de obra.

La Figura 4 muestra el porcentaje de área liberada como resultado de la intensificación al establecer estas opciones. La implementación de *Cratylia* con caña de azúcar no libera áreas para otros usos alternativos, únicamente substituye el uso de suplementos comprados externamente. Con la adopción en toda la finca de todas las tecnologías evaluadas (ie., *Cratylia* + caña + *Brachiaria* + *Arachis*) se libera hasta el 36.5% del área dedicada actualmente a la ganadería manteniendo el mismo hato, las cuales podrían dedicarse a otros usos alternativos.

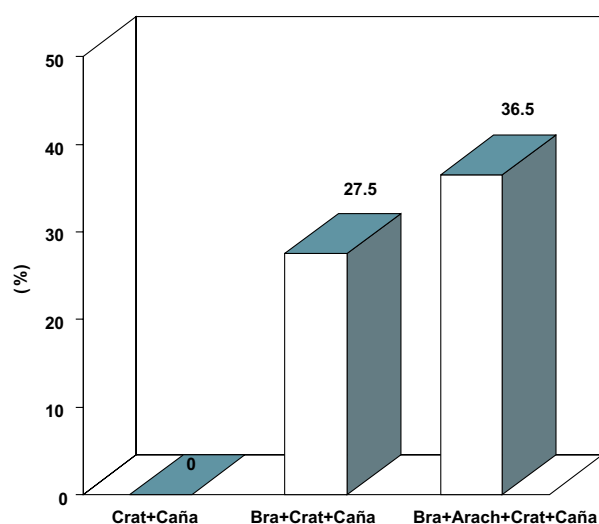


Figura 4. Porcentaje del área de la finca liberada para usos alternativos debido a la adopción de forrajeras mejoradas manteniendo el mismo tamaño de hato en Costa Rica.

### Perú

El caso de los márgenes de bosque de la amazonia de Perú es diferente a Costa Rica. Una característica es que la precipitación anual es mayor (2 000 mm vs. 1 200 mm en Costa Rica) y mejor distribuida. Esto hace que la época seca en Perú sea de solo 3 meses y no de 6 meses como es el caso en Costa Rica. Por lo tanto, en Perú no existe un déficit hídrico marcado, lo que permite un crecimiento del pasto casi todo el año.

Otra característica importante en Perú es que la producción por vaca es muy baja (3 kg/vaca/d, Cuadro 2), sobre todo si consideramos que la época seca es prácticamente nula. Esta característica se puede deber a varios factores:

(a) bajo potencial genético de las vacas, (b) poca disponibilidad de nutrientes en el pasto debido a la alta degradación de pasturas en suelos de baja fertilidad, y/o (c) un mercado de leche muy pequeño.

Adicionalmente, el inventario bovino en la región donde se realizó este estudio se redujo de 82 000 cabezas en 1986 a 26 000 en la actualidad como producto de las actividades terroristas del Sendero Luminoso y del abigeato de ganado. Por lo tanto, existe una baja carga animal y una sobre oferta de forraje nativo disponible.

**Situación base vs opciones evaluadas.** La Figura 5 muestra el costo de producción de leche con las distintas alternativas forrajeras evaluadas. A diferencia de los otros sitios, la opción más rentable (ie., de más bajo costo) con la situación actual en Perú es tal y como se encuentran ahora las fincas. Es decir, la opción más competitiva es mantener el hato en pasturas nativas y suministrando afrecho de cervecera durante la época seca (ie., por tres meses). El afrecho de cervecera es una opción viable, pues es abundante y muy barata puesta en la finca (\$0.15/kg de MS, 22% de PC y 65% de DIVMS).

Con esta alternativa el costo de producción de leche es \$0.33/kg mientras que el precio recibido es \$0.32/kg. Es decir, el ingreso de los terneros machos es lo que hace al agricultor recibir un ingreso un poco por encima del salario mínimo, mientras que la leche paga los costos variables.

Esta alternativa sería también la más atractiva con productividades de 1 500 kg/L, e incluso hasta de 2 000 kg/L. En ningún escenario las alternativas forrajeras evaluadas en este estudio (ie., *Brachiaria* + *Arachis* o *Brachiaria* + *Cratylia*) logran reducir el costo de producción de leche a niveles por debajo de las pasturas nativas suplementadas con afrecho de cervecera.

Bajo el supuesto que el afrecho de cervecera deje de ser una opción viable de suplementación, otra opción evaluada como fuente de suplementación fue el maíz, cuyo costo es actualmente \$0.23/kg. Para que la opción de *Brachiaria* con

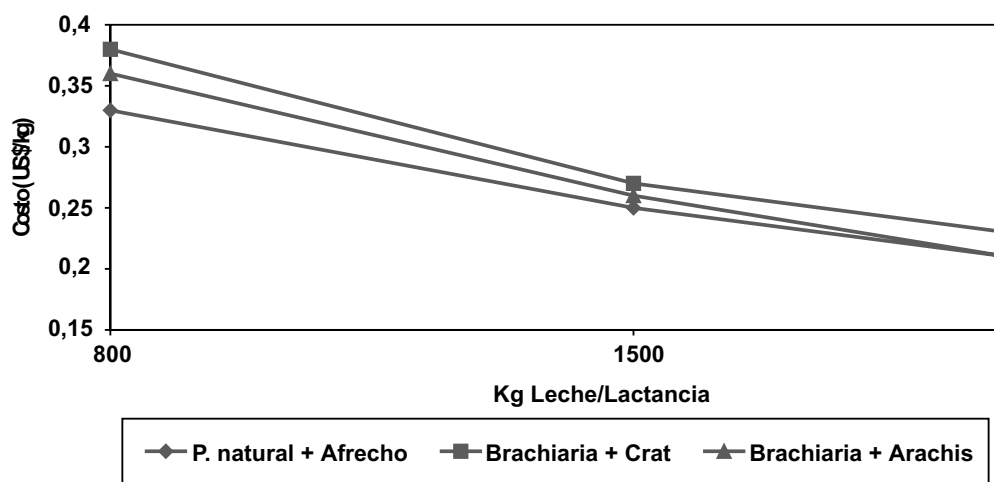


Figura 5. Costo de producción de leche con distintas estrategias forrajeras asumiendo el mismo tamaño de hato en Perú.



*Arachis* y/o *Cratylia* entren a la solución, y con los niveles de producción de leche actuales de 800 kg/L, el precio del maíz debería subir hasta \$0.38/kg (65% de aumento) para que el costo de producción de leche sea igual a la alternativa actual. Con producciones de leche de 1 500 kg/L, el precio del maíz debe subir 9% para igualar el costo de producción de ambas alternativas evaluadas.

La razón fundamental por la cual ninguna de las opciones forrajeras mejoradas compite con las pasturas nativas + afrecho se debe a la alta inversión de capital en relación al porcentaje de vacas en ordeño, lo que induce a una alta depreciación de las pasturas por vaca. En la amazonia el porcentaje de vacas en ordeño es 41% mientras que en Costa Rica esta cifra es cercana al 60%. Para contrarrestar este efecto es necesario incrementar este porcentaje de vacas en ordeño a través del año a un mínimo de 53%, o aumentar la carga animal (de 0.9 UA/ha en la actualidad a 1.3 UA/ha) mediante la introducción de más animales. Bajo esta situación, las pasturas nativas degradadas no podrían soportar estas cargas altas y las opciones forrajeras evaluadas entrarían en la solución.

**Otra aplicación del modelo: Agricultura vs. Ganadería.** Adicionalmente, este modelo permite competir en la misma finca y entre sí actividades agrícolas, forestales y ganaderas. Para tomar como estudio de caso la Región Pacífico Central de Costa Rica, las actividades agrícolas más comunes son caña de azúcar, arroz, marañón (como fruta y nuez) y mango. Como actividad de reforestación es común encontrar el árbol de teca (*Tectona grandis*), especialmente en las áreas cercanas al Océano Pacífico.

Utilizando como instrumento las encuestas a fincas se recopiló información sobre las productividades promedios de cada actividad, así como también los precios y los costos anuales de producción. Como ejemplo, el Cuadro 5 muestra el caso de las alternativas más rentables en sistemas de fincas en la región Pacífico Central de Costa Rica (Holmann y Estrada, 1997).

El modelo de finca se corrió bajo tres escenarios: (1) sin restricciones de uso de la tierra, capital y mano de obra; (2) restringiendo el uso de mano de obra a únicamente una persona tiempo completo en las actividades agropecuarias de la finca ya que en Costa Rica la disponibilidad de mano de obra es muy baja, y (3) restringiendo el uso de la tierra para que el 20% del área de la finca esté en conservación y el 20% en reforestación.

1. Sin restricciones. Como se observa, cuando no existen restricciones de suelo, capital y mano de obra, la actividad más competitiva es el cultivo de la caña de azúcar con un ingreso neto anual de US\$ 598/ha. El cultivo de marañón entra como segunda opción sólo cuando el precio del azúcar se reduce en 17% generando un ingreso neto anual de US\$ 331/ha. La actividad lechera es viable únicamente cuando el precio del azúcar y del marañón se reducen 21% y 7%, respectivamente. Bajo este escenario (con adopción de *Cratylia* + caña y *Brachiaria* con *Arachis*) el ingreso neto anual sería de US\$ 270/ha.

**Cuadro 5. Ingresos de las alternativas más rentables en sistemas de fincas en la región Pacífico de Costa Rica bajo escenarios sin restricción, con restricción de mano de obra, y en el uso de la tierra.**

Alternativas	Ingreso/ha/año (US\$)	Cambio (%) <sup>1</sup>
<b>Sin restricción</b>		
1 Caña de Azúcar	598	
2 Marañón <sup>2</sup>	331	
3 Leche <sup>3</sup>	270	
<b>Con restricción de mano de obra<sup>4</sup></b>		
1 Caña de Azúcar (75% del área)	474	- 21
2 Leche – Caña (70 – 30% del área)	278	- 16
3 Leche	270	0
<b>Con restricción de uso de la tierra y mano de obra<sup>5</sup></b>		
1 Caña – Marañón – Teca – Conservación (25 – 35 – 20 – 20% del área)	326	- 45
2 Marañón Teca Conservación (60 – 20 – 20% del área)	263	- 21
3 Leche – Teca – Conservación (60 – 20 – 20% del área)	227	- 16

<sup>1</sup> En relación a la actividad homóloga sin ninguna restricción según nivel jerárquico.

<sup>2</sup> El Marañón es la alternativa más rentable si el precio de la caña de azúcar se reduce en 17%.

<sup>3</sup> La actividad de leche es la más atractiva si el precio de la caña se reduce en 21% y el precio del marañón en 7%.

<sup>4</sup> Una persona a tiempo completo por finca y reduciendo los precios de acuerdo al escenario sin restricciones.

<sup>5</sup> 20% del área en conservación y 20% en reforestación. Las alternativas 2 y 3 entran en la solución reduciendo los precios de acuerdo al escenario sin restricciones.

Fuente: Holmann y Estrada (1997).

2. Con restricción de mano de obra. Bajo este escenario, la opción más rentable seguiría siendo la caña de azúcar pero se reduciría el área sembrada al 75% de la finca. Por otro lado, si el precio del azúcar se reduce en 17%, la opción más rentable para maximizar el uso de mano de obra ya no sería el cultivo del marañón, sino una combinación de actividad lechera en el 70% del área con caña de azúcar en el 30% del área restante de la finca. Finalmente, si el precio del azúcar se reduce aún más en 21%, la solución más atractiva para maximizar el uso de mano de obra sería la actividad lechera utilizando toda el área de la finca. En consecuencia, la restricción en mano de obra afecta el potencial de generación de mayores ingresos con actividades de cultivos agrícolas, pero no afecta las actividades ganaderas que utilizan relativamente menos mano de obra por unidad de área que en los cultivos agrícolas aquí considerados.

3. Con restricción de uso de la tierra y mano de obra. Bajo este escenario y con los precios originales, la mejor opción sería una combinación de caña de azúcar en el 25% del área en combinación con marañón (35% del área) con la restante restricción del 20% en conservación y 20% en reforestación con árboles de teca. La segunda opción si el precio del azúcar se reduce en 17% sería el cultivo del marañón en el 60% del área más la restricción impositiva del 20% en conservación y 20% en reforestación. Finalmente, si el precio del azúcar se mantiene deprimido en 17% y el precio del marañón se reduce en 7%, la actividad más atractiva sería la lechería en el 60% del área más la restricción impositiva de uso de la tierra.

Por lo tanto, este modelo de finca permite comparar distintas actividades agropecuarias con restricciones existentes en las regiones de estudio, lo que facilita el proceso de toma de decisiones. Asimismo, permite simular las condiciones de precios, costos, productividades, y otros factores bajo los cuales otras actividades serían viables y que podrían ser consideradas en planes de fomento.

**Otros modelos de simulación relacionados con ganadería en el mercado.** En el mercado actual existen muchos modelos de simulación que incorporan aspectos de ganadería y cultivos agrícolas con distintos niveles de complejidad. Algunos de ellos son los siguientes (Thorne, 1998):

1. TAMU-Beef. Este modelo fue desarrollado por la Universidad de Texas A&M en 1979 y es de los modelos más antiguos que existen en el mercado. Se utiliza para predecir el nivel de productividad (ie., ganancia de peso) de diferentes categorías de animales dentro del hato de carne tanto desde el punto de vista de potencial genético como de respuesta al tipo de alimentación disponible. Puede ser obtenido en forma gratuita.
2. JAVA/PC-Herd. Este modelo se desarrolló a finales de los 80's en la Universidad de Wageningen para las condiciones del trópico tomando como estudio de caso las condiciones ambientales de Indonesia. Es un modelo simple que pide los requisitos para mantenimiento y ganancia de peso o producción de leche deseada y lo compara contra la oferta de energía en la dieta según una función de consumo voluntario seleccionado por el usuario. Puede ser obtenido en forma gratuita.
3. CNCPS. Desarrollado en la Universidad de Cornell, este modelo predice la producción de leche y/o ganancia de peso en base al flujo neto de carbohidratos y proteína disponible en la dieta. Existe una versión tropicalizada pero necesita mayor calibración e información sobre la calidad nutritiva de forrajes tropicales. Contiene una biblioteca de alimentos y forrajes para escoger el más parecido al utilizado. Tiene un costo de aproximadamente US\$ 300.
4. GRAZFEED. Desarrollado en Australia para sistemas de producción de bovinos y ovejones bajo condiciones de pastoreo. Su costo es de US\$ 350. El modelo predice la

producción de leche, carne y/o lana en base a la oferta de nutrientes en la dieta. Al igual que el modelo de Cornell, contiene una biblioteca de alimentos para escoger el más parecido al utilizado.

5. Edinburgh. Desarrollado por la Universidad de Edinburgo, este es un modelo general de sistemas de producción de bovinos que se comenzó a construir en 1992 y está en su etapa final. El modelo ha sido diseñado en forma modular, integrando producción de pasturas con respuesta animal en sub-modelos que pueden usarse en forma individual si así fuere. Predice la producción de leche o carne tanto a nivel individual (por vaca), como también agregado a nivel de hato. Puede ser obtenido en forma gratuita.

## Conclusiones

El uso de modelos de simulación como el presentado en este trabajo permite en forma práctica y flexible analizar las actividades agropecuarias encontradas en una cuenca o región. De la misma manera, facilita el análisis ex-ante de nuevas alternativas tecnológicas para determinar su viabilidad tanto biológica como económica permitiendo determinar las condiciones necesarias para promover su difusión y fomento en la región.

Como se pudo observar, las opciones forrajeras evaluadas en este estudio mejoraron significativamente la competitividad de las fincas de doble propósito en el Pacífico Central de Costa Rica mediante un aumento en el ingreso neto del productor, una reducción en el costo de producción de leche, y la posibilidad de liberar áreas (ie., intensificar) que podrían dedicarse a otros usos alternativos (ie., reforestación, conservación). Las opciones forrajeras substituyeron completamente la necesidad de comprar suplementos (ie., concentrados, melaza, o gallinaza) durante la época seca, haciendo de las fincas en esta región menos dependientes de insumos externos y cambios de precios, contribuyendo a convertir la actividad lechera en una de menor riesgo.

Esta situación no fue así para el caso de la Amazonia del Perú, en donde ninguna de las opciones forrajeras evaluadas mejoró la competitividad de las fincas bajo las condiciones actuales de manejo y producción. La razón principal se debió a un porcentaje de vacas en ordeño muy baja (41%), lo cual incide en una depreciación por vaca en ordeño muy alta por la que no compensa la inversión, especialmente cuando la producción por vaca (3 kg/vaca/d) y la carga animal (0.9 UA/ha) son muy bajas para una ecozona donde los problemas de déficit hídrico son relativamente nulos.

Las opciones forrajeras, a excepción del establecimiento de *Cratylia* + Caña de azúcar en Costa Rica reducen el área necesaria para mantener el mismo tamaño de hato. De esta manera, es posible la intensificación liberando áreas que podrían eventualmente dedicarse a conservación y/o reforestación.

A pesar que todas las opciones forrajeras, a excepción de Perú, contribuyeron a volver más competitivas las fincas de

doble propósito, las condiciones del sistema financiero dificultan su adopción potencial. Así, vemos que mientras el costo de oportunidad y condiciones de pago del capital a nivel internacional se sitúa en 6-9% anual real y plazos de 15 años, el mercado financiero en Costa Rica y Perú es radicalmente diferente. Las tasas de interés real que rigen actualmente los créditos agropecuarios se sitúan en 13% para Costa Rica y 34% para Perú, todos pagaderos a un plazo máximo de 5 años. En un esquema de mercados abiertos en donde se está induciendo a los productores latinoamericanos a competir en forma abierta con todos los países, debería de existir la opción de poder acceder a créditos con condiciones similares a las encontradas internacionalmente.

Debido a esta limitante, la adopción de nuevos forrajes mejorados podría darse principalmente en fincas de pequeños productores con abundante mano de obra ya que 41% a 72% del costo de establecimiento de estas alternativas lo representa la mano de obra.

Existen en el mercado muchas opciones de modelos de simulación en sistemas de producción animal basados en bovinos y ovejas, Aunque la metodología difiere entre ellos, el objetivo final siempre es el predecir la respuesta en productividad a una oferta de nutrientes ya sea basadas en pastoreo o en combinación con sub-productos agroindustriales y alimentos concentrados expresados en términos de flujos de energía y proteína.

### Literatura Citada

- Ara, M., Sánchez, P.A., y Vela, J.W. 1990. Contribución nitrogenada de *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 asociada con *Bracharia decumbens*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. RIEPT-Amazonía. Documento de Trabajo No. 75. V2:737.
- CIAT. 1993. Tendencias en Productos Básicos del CIAT 1993, Documento de Trabajo No. 128. CIAT, Cali, Colombia. 221pp.
- Decaëns, T., P. Lavelle, J.J. Jimenez Jaen, G. Escobar y G. Rippstein. 1994. El impacto del manejo de tierras en la macrofauna del suelo en los Llanos Orientales de Colombia. Eur. J. Soil Biol.30:157.
- Estrada, R. D. 1994. Informe de consultoría sobre el desarrollo parcial del modelo de finca. Bogotá.
- González, S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) sola y asociada con las leguminosas forrajeras *Arachis pinto* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis de MS. Centro Agronómico Tropical de Investigación Enseñanza y (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 142 p.
- Holmann, F. y R. D. Estrada. 1997. Alternativas agropecuarias en la Región Pacífico Central de Costa Rica: Un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. En C. Lascano y F. Holmann, eds. Conceptos y Metodologías de Investigación en fincas con sistemas de producción de doble propósito. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT # 296. Cali. 285 p.
- Holmann, F. 1999. Evaluación ex-ante de nuevas alternativas forrajeras en fincas con ganado de doble propósito en Perú, Costa Rica y Nicaragua. Pasturas Tropicales. 21(2):2.
- Jarvis, L.S. 1986. Desarrollo pecuario en América Latina. Banco Mundial, Washington, D.C. 214pp.
- Lascano, C. y Estrada, T. 1989. Productividad a largo plazo de pasturas basadas en gramíneas y leguminosas en los llanos orientales de Colombia. En: Memorias XVI Congreso Internacional de Pasturas, Nice, Francia. p. 1179.
- Lascano, C.E. y P. Avila. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales 13:2.
- Lascano, C. E. y P. Avila. 1993. Producción de leche de vacas con diferente potencial genético en pasturas tropicales basadas en gramíneas y leguminosas. En: Memorias XVII Congreso Internacional de Pasturas, Nueva Zelanda y Australia. P. 2006.
- Oberson, A., D. K. Friesen, H. Tiessen, and J. O. Moir. (n.d). Effects of improved pastures and phosphorus inputs on phosphorus transformations in a Colombian oxisol. Cali, CO. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 28 p.
- Rivas, L. 1992. El sistema ganadero de doble propósito en América Latina Tropical: evolución, perspectivas y oportunidades. Memorias del Simposium Internacional sobre Alternativas y Estrategias en Producción Animal. Universidad Autónoma de Chapingo, México, Abril 6-9.
- Rivas, L. 1994. Perspectivas técnicas y productivas de la ganadería en América Latina. Memorias del Seminario sobre "La ganadería una industria rentable hacia el siglo XXI. CICADEP-Banco Ganadero, Río Negro, Antioquia, agosto 10.
- Thomas, R.J. 1995. El papel de las leguminosas en la provisión de nitrógeno para la producción de pastos tropicales sostenibles. Plant and Soil. 174: 103.
- Thorne, P. J. 1998. Crop-livestock interactions. A review of opportunities for developing integrated models. Consultancy report for the International Livestock Research Institute. Nairobi. 67 p.
- Vaccaro, L., Vaccaro, R., Verde, O., Mejías, H., Ríos, L. y Romero, E. 1993-1994. Armonizando tipo genético y nivel ambiental en ganado de objetivo doble propósito en América Latina. GUERRA/RMZ. 77 p. 15.